

INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS

FECHA DE PRESENTACIÓN Mayo 2010

ESTACIÓN EXPERIMENTAL Santa Catalina

DEPARTAMENTO/PROGRAMA Nutrición y Calidad

PROYECTO Código: PIN08-0007
Título: “Innovaciones para Emprendimiento de Yuca y Camote en la Seguridad y Soberanía Alimentaria, y Oportunidades de Mercado para Pequeños/as productores/as emprendedores de Manabí.”

RESULTADO **Número: 3**
Título: “Desarrollo de tecnologías de precosecha y postcosecha de yuca y camote para zonas del trópico seco y húmedo, de acuerdo a la demanda, con metodologías participativas de investigación.”

ACTIVIDAD **Número: 1**
Título: “Hidrólisis enzimática del almidón residual en extractos líquidos de camote (*Ipomoea batatas L.*), para elaboración de miel y estudio de sus propiedades funcionales”.

UBICACIÓN **Provincia:** Pichincha, **Cantón:** Mejía
Estación Experimental Santa Catalina.

AUTOR Sr. Franz Barros

COAUTORES Ing. Nelly Lara.

COLABORADORES Programa Yuca Camote, Estación Experimental Portoviejo.
Laboratorio de Servicios de Análisis e Investigación en Alimentos (LSAIA)

FECHA DE INICIACIÓN Mayo 2010

FECHA DE TERMINACIÓN Diciembre 2010

PRESUPUESTO USD 6485,87

FUENTE DE FINANCIAMIENTO INIAP USD: 233,20 (3,60%)
SENACYT USD: 3013,87 (46,47%)
TESISTA USD: 3238,50 (49,93%)

1. ANTECEDENTES

Los científicos creen que el camote fue domesticado hace más de 5000 años, existe un debate acerca del sitio de su domesticación, se cree que ocurrió en América del Sur o en América Central. Debido a que es un cultivo resistente y adaptable, el camote se extendió por Asia, África y América Latina durante los siglos XVII y XVIII; siendo, actualmente, cultivado en más países que cualquier otra raíz comestible (CIP, 2010).

El camote ocupa el séptimo lugar entre los cultivos alimenticios más importantes, se producen más de 133 millones de toneladas en el mundo, Asia es el mayor productor con 125 millones de toneladas al año de las cuales 90 millones de toneladas son producidas por China, cerca de la mitad de la producción de camote en Asia se usa para alimentación animal, el resto se utiliza principalmente en consumo humano ya sea en fresco o en productos procesados (CIP, 2010).

Su valor nutricional por cada 1000 g de tubérculo, comprende en mayor proporción agua 640 a 710 g, carbohidratos 240 a 340 g, proteínas 113 a 180 g, lípidos 37 a 60 g, hierro 7 a 13 mg, vitamina A 8.14 UI (aprox.), tiamina 0.9 a 1.0 mg, riboflavina 0.6 a 0.7 mg, niacina 6.0 a 12.9 mg, ácido ascórbico 220 a 400 mg, calcio 280 a 350 mg, fósforo 420 a 488 mg (CIP, 2010).

El procesamiento del camote para el consumo humano es notablemente diverso y generalizado. Puede consistir desde la simple elaboración de rodajas secadas al sol hasta la utilización de tecnología sofisticada para obtener productos congelados, enlatados o deshidratados. Existe además, la posibilidad de procesar el camote para su incorporación indirecta en la dieta, bajo formas como almidón, jarabes azucarados, bebidas alcohólicas, colorantes para alimentos, enzimas y proteínas de la hoja, etc. (Larenas y Acatino, 1994).

La elaboración industrial de productos a base de almidones hidrolizados, como los jarabes de glucosa, se fundamenta en la conversión enzimática o ácida de los almidones gelatinizados. Los procesos convencionales para la elaboración de estos productos son la licuefacción y sacarificación enzimática (Shariffa *et al.*, 2009). La gelatinización se produce cuando una suspensión de almidones en agua es sometida a calentamiento. Por efecto del calentamiento se produce el hinchamiento de los gránulos de almidón, los cuales al enfriarse forman una red con textura de gel. Esto permite que las enzimas actúen fácilmente en la estructura del almidón para romper las uniones amilosa-amilopectina y producir azúcares de una manera más eficiente (Delgado *et al.*, 2009).

Actualmente, gracias al mayor conocimiento de las enzimas y su purificación, el número de aplicaciones ha tenido gran incremento, además con la disponibilidad de enzimas termoestables aparecieron nuevas posibilidades para la industria (Haki y Rakshit, 2003).

La Termamyl es una enzima alfa-amilasa termoestable producida por un *Bacillus licheniformis* genéticamente modificado, se utiliza en la industria para hidrolizar el almidón por su estabilidad a temperaturas elevadas. Es una endoenzima que actúa sobre los enlaces 1,4-alfa glicosídicos en amilosa y amilopectina, los dos componentes del almidón, el mismo que es hidrolizado en dextrinas y oligosacáridos solubles. La Termamyl presenta condiciones óptimas para su acción a pH entre 6 y 7 a 90 °C. Para

almacenamiento requiere una temperatura de 3 a 5 °C. Para una duración de un año aproximadamente (NCBE, 2010).

Los jarabes de glucosa y fructosa concentrada son productos comercialmente importantes, son usados tanto en la industria alimenticia como en la farmacéutica (Johnson *et al.*, 2009). El consumo mundial de jarabes (Pontoh y Low, 1995) y de mieles (Ahmed *et al.*, 2007) ha crecido continuamente debido a su utilización en bebidas y alimentos procesados..

La tendencia actual hacia el rescate de alimentos tradicionales con propiedades nutricionales y funcionales es uno de los aspectos que está potenciando la vigencia actual y futura de los extractos líquidos y sólidos obtenidos desde una diversidad de fuentes alimenticias vegetales como: frutas, hortalizas, legumbres y raíces tuberosas (Johnson, *et al.*, 2009). En este sentido el camote a más de ser una fuente de almidones, es promocionado por el contenido de potasio, hierro (Linares *et al.*, 2008) y principios biológicos con poder antioxidante (Dini *et al.*, 2009).

La presente investigación es parte del proyecto Innovaciones para Emprendimiento de Yuca y Camote en la Seguridad y Soberanía Alimentaria, y Oportunidades de Mercado para Pequeños/as productores/as emprendedores de Manabí, que se lleva a cabo por la estación experimental INIAP de Portoviejo.

2. JUSTIFICACIÓN

Con este trabajo se pretende obtener un producto con valor agregado a partir del camote, cultivo tradicional del Ecuador, mediante la separación del extracto líquido para su aprovechamiento en la elaboración de miel, como una alternativa importante a la demanda de mieles y jarabes.

Se estudiarán las propiedades funcionales, químicas y reológicas de la miel de camote para disponer de información que permita impulsar su elaboración a escala de producción. De este modo, la miel de camote puede ocupar un espacio importante en el mercado de mieles y jarabes, ya sea que se la utilice como aderezo o como ingrediente de algún producto, para esto se necesita definir sus propiedades funcionales y reológicas, al conocer estos parámetros se puede establecer normas de calidad para mejorar la producción de la miel de camote.

La utilización de todas las fracciones del camote, como en este caso el extracto líquido, rico en azúcares y pigmentos naturales, que en procesos como el de yuca se pierde mezclado con el agua de lavado, durante la purificación del almidón o como líquido residual, beneficiará directamente a la producción de camote de nuestro país, además de ofrecer un producto nuevo, de fácil elaboración que representa una oportunidad para pequeños emprendedores.

Los resultados obtenidos con el presente proyecto, son de interés tanto para la industria, como potencial beneficiaria, así como también para los productores de camote del país, representa un incentivo para la producción.

3. OBJETIVOS

3.1. GENERAL

Hidrolizar enzimáticamente el almidón residual en el extracto líquido de camote (*Ipomoea batatas L.*) para elaboración de miel y estudio de sus propiedades funcionales.

3.2. ESPECÍFICOS

1. Obtener y caracterizar el extracto líquido de camote.
2. Evaluar el efecto de la hidrólisis enzimática del almidón residual sobre el contenido de sólidos solubles del extracto líquido de camote.
3. Seleccionar el extracto líquido con mayor contenido de sólidos solubles para la elaboración de miel
4. Determinar de las propiedades funcionales y reológicas de la miel.

4. HIPÓTESIS:

H₀: El extracto líquido del camote, previamente hidrolizado no presenta propiedades favorables para elaboración de miel

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Materiales, Equipos e insumos

5.1.1. Materia Prima

La materia prima está compuesta por dos genotipos de camote (*Ipomea batatas*): “guayaco” o “morado” y “arrecho”.

5.1.2. Materiales e insumos

- Vasos de precipitación de vidrio y plástico
- Probetas
- Bureta
- Barras magnéticas
- Cucharas
- Soporte universal
- Pinza metálica
- Pera de succión
- Pipetas volumétricas
- Picetas
- Termómetro
- Cajas petri
- Material de aseo
- Gavetas y bandejas plásticas
- Cuchillos de acero inoxidable
- Tamices

5.1.3. Equipos

- Balanzas
- Estufa precisión
- Potenciómetro o medidor de pH
- Brixómetros
- Extractor industrial de jugo
- Baño maría
- Paíla evaporadora con control de temperatura
- Centrífuga
- Cronómetros
- Texturómetro
- Plancha de agitación magnética
- Medidor de actividad de agua
- Espectrofotómetro

5.2. METODOLOGÍA

Para cumplir con los objetivos establecidos, la materia prima (dos genotipos de camote) necesaria para la experimentación, será proporcionada el Programa de Yuca y Camote de la Estación Experimental Portoviejo del INIAP. Los ensayos se realizarán a escala laboratorio en el Departamento de Nutrición y Calidad (DNC) de la Estación Experimental Santa Catalina, INIAP.

5.2.1 Características del sitio experimental

Ubicación:

| | |
|------------|--------------------------------------|
| Provincia: | Pichincha |
| Cantón: | Mejía |
| Parroquia: | Cutuglahua |
| Lugar: | Estación Experimental Santa Catalina |

Situación Geográfica (INIAP, 2006):

| | |
|-----------------------|--------------|
| Altitud: | 2400-3500 m. |
| Temperatura promedio: | 11.6°C |
| Humedad relativa: | 79% |
| Precipitación anual: | 1400 mm |

5.2.2. Factores en estudio

Factor A: pH del extracto líquido de camote.

a_0 : pH inicial del extracto líquido.

a_1 : pH ajustado a 6.5 para la acción óptima de la Termamyl.

Factor B: son los genotipos de camote que se utilizarán, conocidos como: “guayaco” o “morado” y “arrecho”.

b_0 : genotipo 1: “guayaco” o “morado”.

b_1 : genotipo 2: “arrecho”.

Factor C: es el tiempo que se dejará actuar a la enzima Termamyl.

c_0 : tiempo 1: 30 minutos.

c_1 : tiempo 2: 40 minutos.

5.2.3 Tratamientos

Son 8 tratamientos producto de la combinación de los factores A, B y C con tres niveles cada uno.

| N° | Tratamientos | Descripción |
|----|---------------|---|
| 1 | $a_0 b_0 c_0$ | pH inicial, genotipo 1 y 30 minutos. |
| 2 | $a_0 b_0 c_1$ | pH inicial, genotipo 1 y 40 minutos. |
| 3 | $a_0 b_1 c_1$ | pH inicial, genotipo 2 y 40 minutos. |
| 4 | $a_0 b_1 c_0$ | pH inicial, genotipo 2 y 30 minutos. |
| 5 | $a_1 b_0 c_0$ | pH ajustado a 6.5, genotipo 1 y 30 minutos. |
| 6 | $a_1 b_0 c_1$ | pH ajustado a 6.5, genotipo 1 y 40 minutos. |
| 7 | $a_1 b_1 c_1$ | pH ajustado a 6.5, genotipo 2 y 40 minutos. |
| 8 | $a_1 b_1 c_0$ | pH ajustado a 6.5, genotipo 2 y 30 minutos. |

5.2.4 Unidad experimental

Se utilizará por tratamiento 4 Kg. de camote con lo que se obtiene 1 litro de extracto líquido.

5.2.5 Diseño experimental

Se aplicará el diseño completamente al azar en arreglo factorial $A \times B \times C$ de 8 tratamientos con tres repeticiones para un total de 24 pruebas experimentales de elaboración de miel de camote.

5.2.6 Análisis estadístico

| Fuente de Variación | Grados de libertad |
|---------------------|--------------------|
| Total | 23 |
| Factor A (pH) | 1 |
| Factor B (genotipo) | 1 |
| Factor C (tiempo) | 1 |
| Interacción AB | 1 |
| Interacción AC | 1 |
| Interacción BC | 1 |
| Interacción ABC | 1 |
| Error experimental | 16 |

5.2.7 Análisis funcional

Se determinará, el coeficiente de variación entre tratamientos, pruebas de significación y se evaluará la correlación entre el incremento de sólidos solubles del extracto líquido y los factores A, B y C.

5.2.8 Variables y métodos de evaluación

Variables respuesta:

- Grados Brix
- pH
- Acidez
- Pigmentación o coloración
- Azúcares invertidos
- Contenido de humedad
- Actividad de agua
- Fenoles totales, poder antioxidante, antocianinas, flavonoides
- Viscosidad y consistencia

Método de evaluación:

- Perfiles de tiempo grados Brix: se utilizará refractómetro digital marca Atago.
- Grados Brix: se utilizará refractómetro digital marca Atago.
- pH: mediante el pH-metro marca Oakton.
- Acidez: se utilizará el método descrito en Chen (1991).
- Pigmentación o coloración: mediante la metodología utilizada por Alper *et al*, (2005).
- Azúcares invertidos: se aplicará el método de la AOAC, (1995).
- Contenido de humedad: por diferencia de peso mediante secado en estufa de aire forzado, a 105 °C.
- Actividad de agua: mediante el medidor de actividad de agua, marca AQUALAB.
- Fenoles totales, poder antioxidante, antocianinas, flavonoides: se lo realizará mediante el método utilizado por Huang *et al*, (2006).
- Viscosidad y consistencia: mediante el equipo analizador de textura TA-XT2i.

5.2.9 Manejo específico del experimento.

Caracterización de la pulpa de camote y obtención del extracto líquido: las muestras de camote se obtendrán del Programa de Yuca y Camote de la Estación Experimental Portoviejo del INIAP. Inicialmente se lavarán las muestras de camote, luego serán peladas y cortadas manualmente en piezas para obtener tanto el extracto líquido mediante un extractor industrial de jugos, como las muestras para la caracterización de la pulpa. El jugo caerá sobre un juego de tamices de hasta 106 micras y a continuación, se someterá a centrifugación durante 10 minutos a 4000 rpm para separar el almidón del líquido. Los análisis que se realizarán en las muestras de pulpa de acuerdo con los métodos de rutina del Laboratorio de Servicio de Análisis del DNC serán: composición proximal, minerales y azúcares por HPLC.

Caracterización del extracto líquido: se separará el extracto líquido en dos porciones, a la primera se someterá a un tratamiento térmico hasta la temperatura de ebullición, para inactivar las enzimas responsables del oscurecimiento del líquido, el cual se utilizará para hidrolizar el almidón residual mediante la enzima Termamyl y evaluar su efecto sobre el contenido de sólidos solubles. En la segunda porción, para conocer la condición inicial del extracto líquido, se determinará el pH, contenido de sólidos solubles, azúcares invertidos, acidez, cantidad de almidón, conductividad eléctrica, poder antioxidante, fenoles totales, antocianinas, flavonoides y color.

Efecto de la hidrólisis enzimática del almidón residual sobre el contenido de sólidos solubles del extracto líquido: se utilizará la enzima Termamyl (α -amilasa de *B. Licheniformis*) a dos niveles de pH (pH inicial del jugo y pH ajustado a 6.5, valor óptimo para la acción de la Termamyl). En las muestras de extracto líquido de camote, se inoculará la enzima y se someterán a baño-maría a una temperatura de 90°C, durante 30 y 40 minutos. Después de lo cual, se dejarán enfriar las muestras hasta temperatura ambiente para luego centrifugarlas durante 10 minutos y 6000 rpm para purificar el extracto líquido. En las muestras centrifugadas se determinará contenido de sólidos solubles, conductividad eléctrica y pH.

Selección del extracto líquido y elaboración de miel: se seleccionará el extracto líquido con mayor contenido de sólidos solubles, mediante separación de medias si hay significación en el análisis de varianza de las interacciones propuestas. Las muestras seleccionadas se llevarán a ebullición, en una paila evaporadora de 5 litros de capacidad con reóstato para la regulación de la temperatura. Para conocer en qué momento se alcanza el punto de miel se controlará el incremento de sólidos solubles en función del tiempo de ebullición. La miel elaborada se guardará en frascos herméticos, completamente llenos para los análisis de caracterización correspondientes.

Caracterización de las propiedades funcionales de la miel: se determinará el poder antioxidante, fenoles totales, antocianinas, flavonoides y coloración o pigmentación.

Determinación del contenido químico y comportamiento reológico de la miel: se analizará el contenido de azúcares invertidos, contenido de sólidos totales e insolubles, actividad de agua, pH, acidez, composición proximal, minerales totales, azúcares por HPLC, viscosidad y consistencia.

6. Cronograma de actividades

| Actividades | Meses | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-------|----|-----|----|---|----|-----|------|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | | | | | | | | | | | |
| Revisión Bibliográfica | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| Pruebas experimentales*, I repetición | x | x | x | x | x | | | | | | | | | | | | | | | |
| Pruebas experimentales*, II repetición | | | x | x | x | x | x | | | | | | | | | | | | | |
| Pruebas experimentales*, III repetición | | | | | | x | x | x | x | x | | | | | | | | | | |
| Análisis de resultados | | | | | | | | | x | x | x | x | x | | | | | | | |
| Elaboración de informe de tesis | | | | | | | | | | | | | | x | x | x | x | x | x | |
| Revisión del borrador | | | | | | | | | | | | | | | | | | | x | x |
| Corrección del borrador | | | | | | | | | | | | | | | | | | | x | x |
| Finalización del proyecto | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | x |

*Las pruebas experimentales consisten en: extracción y caracterización del extracto líquido, la conversión enzimática del almidón residual del extracto líquido y la elaboración y caracterización de la miel obtenida.

7. Presupuesto

| Ítem | DESCRIPCIÓN | | | | Subtotal (\$) |
|--------------------------------------|-------------------------------|---------|----------|---------------------|----------------|
| | Concepto | Unidad | Cantidad | Costo Unitario (\$) | |
| | Tesista | mes | 10 | 323,85 | 3238,50 |
| INSUMOS Y MATERIALES | | | | | |
| | Muestras de camote | Kg | 136 | 0,80 | 108,8 |
| * | Soporte universal | Día | 90 | 0,10 | 9 |
| * | Pipetas | Día | 90 | 0,10 | 9 |
| * | Cronómetro | Día | 90 | 0,10 | 9 |
| * | Picetas | Día | 90 | 0,10 | 9 |
| * | Vasos de precipitación | Día | 90 | 0,10 | 9 |
| * | Pera de succión | Día | 90 | 0,10 | 9 |
| * | Termómetro | Unidad | 1 | 50,00 | 50 |
| * | Cuchillos de acero inoxidable | Unidad | 1 | 15,00 | 15 |
| | Material de aseo | Unidad | 90 | 0,10 | 9 |
| EQUIPO DE LABORATORIO | | | | | |
| | Extractor industrial de jugo | Unidad | 1 | 146,03 | |
| SERVICIOS DE LABORATORIO | | | | | |
| | Análisis Proximal | muestra | 10 | 26,00 | 260 |
| | Minerales | muestra | 10 | 22,50 | 225 |
| | Azúcares HPLC | muestra | 10 | 28,00 | 280 |
| | Azúcares totales | muestra | 52 | 7,50 | 390 |
| | Azúcares reductores | muestra | 52 | 7,50 | 390 |
| | Fenoles totales | muestra | 52 | 11,20 | 582,4 |
| MATERIALES EDICIÓN Y DIFUSIÓN | | | | | |
| | Cartucho negro y color | Unidad | 6 | 38,00 | 228,00 |
| | CD-W | Unidad | 5 | 1,00 | 5,00 |
| | Papel | Unidad | 1000 | 0,03 | 30,00 |
| | Empastados tesis | Unidad | 3 | 55,00 | 165,00 |
| Subtotal (\$) | | | | | 6176,73 |
| Imprevistos 5% (\$) | | | | | 308,84 |
| TOTAL (\$) | | | | | 6485,57 |
| (*)Costo de uso de ítem existente | | | | | |
| FUENTE DE FINANCIAMIENTO | | | | | |
| | | | | Porcentaje | Aporte |
| INIAP | | | | 3,60% | 233,20 |
| SENACYT | | | | 46,47% | 3013,87 |
| Tesista | | | | 49,93% | 3238,50 |
| TOTAL | | | | 100% | 6485,57 |

8. Bibliografía

Ahmed, J; Prabhu, S; Raghavan, G; Ngadi, M. 2007. Physico-chemical, rheological, calorimetric and dielectric behavior of selected Indian honey. Journal of Food Engineering 79(4): 1207-1213.

Alper, N; Bahceci, K; Acar, J. 2005. Influence of Processing and Pasteurization on Color Values and Total Phenolic compounds of pomegranate Juice. Journal of Food Processing and Preservation 29(5): 357-368.

AOAC (Association of Official Analysis Chemist). 1995. Methods of analysis of AOAC International. 16. ed. Maryland, Estados Unidos 44: 9.

Chen, J. 1991. Manual de azúcar de caña. México, DF. Editorial LIMUSA. 849p.

CIP. 2010. Sweetpotato. (en línea). Consultado 18 may 2010. Disponible en <http://www.cipotato.org/sweetpotato/>

Delgado, R; Castro, A; Vázquez, M. 2009. A kinetic assessment of the enzymatic hydrolysis of potato (*Solanum tuberosum*). LWT – Food Science and Technology 42(4): 797-804.

Dini, I; Tenore, G; Dini, A. 2009. Saponins in *Ipomoea batatas* tubers: Isolation, characterization, quantification and antioxidant properties. Food Chemistry 113(2): 411-419.

Haki, G; Rakshit, S. 2003. Developments in industrially important thermostable enzymes: a review. Bioresource Technology 89(1): 17-34.

Huang, Y; Chang, Y; Shao, Y. 2006. Effects of genotype and treatment on the antioxidant activity of sweet potato in Taiwan. Food Chemistry. 98(5): 529-538.

INIAP, 2006. Estación Santa Catalina. (en línea). Consultado 20 may 2010. Disponible en <http://www.iniap-ecuador.gov.ec/eestacatalina/index.php>

Johnson, R; Padmaja, G; Moorthy, S. 2009. Comparative production of glucose and high fructose syrup from cassava and sweet potato roots by direct conversion techniques. Innovative Food Science and Emerging Technologies 10(4): 616-620.

Larenas, V; Accatino, P; Centro Internacional de la Papa (CIP); Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA).1994. Producción y uso de la batata o camote. Santiago, Chile. Taller Gráfico INIA. p. 72-73.

Linares, E; Bye, R; Rosa, D; Pereda, R. 2008. El camote. CONABIO. Biodiversitas 81:11-15.

NCBE (National Centre for Biotechnology Education). 2010. Termamyl. (en línea). Consultado 18 may 2010. Disponible en <http://www.ncbe.reading.ac.uk/ncbe/materials/enzymes/termamylliquid.html>

Pontoh, J; Low, N. 1995. Glucose syrup production from Indonesian palm and cassava starch. Food Research International 28(4): 379-385.

Shariffa, Y; Karim, A; Fazilah, A; Zaidul, I. 2009. Enzymatic hydrolysis of granular native and mildly heat-treated tapioca and sweet potato starches at sub-gelatinization temperature. Food Hydrocolloids 23(2): 434-440.